



Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип, Македонија
Факултет за природни и технички науки

University „Goce Delcev“, Stip, Macedonia
Faculty of Natural and Technical Sciences

UDC: 622:55:574:658

ISSN: 185-6966

Природни ресурси и технологии Natural resources and technology

Број 6
No 6

Година VI
Volume VI

Ноември 2012
November 2012

УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ



Природни ресурси и технологии
Natural resources and technology

ноември 2012
november 2012

ГОДИНА 6
БРОЈ 6

VOLUME VI
NO 6

UNIVERSITY "GOCE DELCEV" – STIP
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES

ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGY

За издавачот

Проф. д-р Зоран Панов

Издавачки совет

Проф. д-р Саша Митрев
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Зоран Десподов
Доц. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Кимет Фетаху
Проф. д-р Ѓорѓи Радулов

Editorial board

Prof. Saša Mitrev, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D
Prof. Gorgi Radulov, Ph.D

Редакциски одбор

Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Зоран Десподов
Доц. д-р Дејан Мираковски

Editorial staff

Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D

Главен и одговорен уредник

Проф. д-р Мирјана Голомеова

Managing & Editor in chief

Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D

Јазично уредување

Даница Гавриловска-Атанасовска
(македонски јазик)

Language editor

Danica Gavrilovska-Atanasovska
(macedonian language)

Техничко уредување

Славе Димитров
Благој Михов

Technical editor

Slave Dimitrov
Blagoj Mihov

Печати

„2 Август“ - Штип

Printing

„2 Avgust“ - Stip

Редакција и администрација

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип
Факултет за природни и технички науки
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип
Р. Македонија

Address of the editorial office

Goce Delcev University - Stip
Faculty of Natural and Technical Sciences
Goce Delcev 89, Stip
R. Macedonia

УДК: 622.22

Стручен труд
Professional paper**РАЦИОНАЛЕН ИЗБОР НА РУДАРСКА
ОТКОПНА МЕТОДА****Стојанче Мијалковски¹, Зоран Десподов¹, Дејан Мираковски¹,
Даниела Мијалковска¹**

Апстракт: Во овој труд е прикажана постапката за рационален избор на рударска откопна метода, која зависи од повеќе рударско-геолошки фактори.

Постојат повеќе постапки за рационален избор, односно селектирање на рударските откопни методи според рударско-геолошките фактори. Најчесто се применува постапката според Nicholas (1981) и постапката според UBC (1995).

Клучни зборови: *рационален избор, рударска откопна метода, рударско-геолошки фактори*

**RATIONAL SELECTION OF MINING
EXCAVATION METHODS****Stojance Mijalkovski¹, Zoran Despodov¹, Dejan Mirakovski¹, Dan-
iela Mijalkovska¹**

Abstract: This paper shows the procedure for rational selection of mining excavation methods, which depends on several mining-geological factors.

There are several procedures for rational choice or selection on mining methods by mining and geological factors.

The most commonly used procedure by Nicholas (1981) and procedure by UBC (1995).

Key words: *rational selection, mining excavation method, mining and geological factors*

¹⁾ Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип
Faculty of Natural and Technical Sciences, University “Goce Delcev” Stip

1. Вовед

Најголем проблем на којшто наидува секој истражувач на почетокот кога врши истражување за отворање и експлоатација на нов рудник или анализира веќе постоечки подземен рудник е *избор на откопна метода*. При донесувањето на конечна одлука за тоа која рударска откопна метода ќе се применува, треба да се земат предвид повеќе *рударско-геолошки фактори*, како што се: големината и формата на рудното тело, условите на залегувањето, цврстината на рудата и соседните карпи, испуканоста на карпестата маса и др.

Исто така, треба да се земат предвид и *техничко-економските фактори*, како што се: вредноста на откопаната руда, безбедноста и здравите услови за извршување на работните операции, коефициентот на подготовка, искористувањето на рудата при откопувањето, коефициентот на осиромашување на рудната супстанца, цената на чинење на еден тон руда, откопниот учинок, деградацијата на теренот и останатите влијанија врз животната средина и др.

Големата одговорност при изборот на методата за откопување произлегува од фактот дека трошоците на откопување имаат најголемо учество во вкупните трошоци за експлоатација на рудното наоѓалиште.

Имајќи го предвид фактот дека од голем број на најразновидни влијателни фактори зависи решението на проблемите во рударството, затоа процесите на проектирање и одлучување во рударството се изразито сложени и бараат соодветни научноистражувачки пристапи. Поради тоа денес во рударството многу голема примена наоѓа повеќекритериумската оптимизација (повеќекритериумскиот математичко-моделски пристап) при планирање и проектирање во рударството, бидејќи со помош на повеќекритериумското одлучување се земаат предвид поголем број на влијателни параметри.

Изборот на методата за откопување и конструкцијата на откопот е најкомплицирана и многу тешка одлука во процесот на инженерското одлучување кај подземната експлоатација, која што се донесува во интерактивна процедура за управување со карпестиот масив. За успешен избор на метода за откопување пресудно е следново:

- Добро познавање на рударските откопни методи коишто се користат во современата рударска пракса;
- Добро познавање на технологијата и технолошките постапки;
- Добро познавање на расположливата рударска механизација којашто се користи во конкретните технолошки постапки, како и познавање на нивната можност и барања;
- Добро познавање на постапките за рационална реконструкција на реалниот карпест масив и методите за управување со масивот

(емпириски методи, нумерички методи за напонско-деформациска анализа и методи за структурна анализа).

Рударскиот инженер работи со повеќе или помалку надежни податоци, кои што се резултат на геолошките истражувања за конкретното рудно наоѓалиште. Согласно со тоа, при изборот на методата за откопување претходи детално и темелно проучување на расположливата геолошка документација за рудното наоѓалиште. Резултатот од ова проучување треба да биде ментална слика за рудното тело, односно рудното наоѓалиште во конкретното опкружување.

Следна фаза е рационализација на реалниот систем која резултира со моделирање на карпестиот масив, со коишто модели понатаму се оперира. Во првиот чекор се разгледува анизотропијата и хомогеноста на карпестиот масив и се издвојува квазихомогена зона. Следниот чекор е класификација на карпестиот масив, односно класифицирање на секоја квазихомогена зона. Потоа следува креирање на нумерички модел за карпестиот масив којшто опфаќа дефинирање на критериумот за лом и конститутивно изедначување за секоја квазихомогена зона.

Наредната фаза е најкомплексна и претставува внесување на човешки конструктивности во природниот систем. Во оваа фаза се креира конструкцијата на откопот со одреден облик, големини и просторна положба на рудното тело, согласно со физичко-механичките и структурните особини на карпестиот масив и примарната напонска состојба. Во оваа фаза се врши димензионирање на конструкцијата на откопот, којашто опфаќа избор и димензионирање на подградната конструкција. Значи, во овој чекор се усвојува технологијата и соодветната опрема.

Во последната фаза се прави организација на работата, се прогнозира ангажирањето на луѓето и опремата за бараниот капацитет. Завршниот, односно крајниот чекор е проценка на трошоците за откопување. Ова е крајот на инженерската анализа и потоа следи економската анализа, каде што се врши анализирање на трошоците, се утврдуваат тековите на капиталот, брзината за враќање на инвестициите и профитот. Во постапката за економска анализа се бира оптималната метода на откопување за дадените природни и пазарни услови.

Постапката за избор на рударска откопна метода може да се подели во два дела, односно во две фази и тоа:

- рационален избор на рударска откопна метода;
- оптимален избор на рударска откопна метода.

Во овој труд ќе биде разработен само рационалниот избор на рударска откопна метода.

2. Рационален избор на рударска откопна метода

При рационалниот избор на рударска откопна метода се врши селектирање на рударските откопните методи според геолошките фактори коишто имаат влијание при изборот на откопната метода. Овде влегуваат: геометријата на рудните тела и распространетоста на орудирувањето (обликот на рудните тела, моќноста на рудните тела, аголот на залегнување на рудните тела, длабочината на залегнување на рудните тела, распространетоста на орудирувањето во рудните тела) и физичко-механичките карактеристики на рудата и соседните карпи (цврстината на карпестата маса, растојанието помеѓу пукнатините-бројот на пукнатини/м', RQD и RMR индексот, цврстината на смолкнување на пукнатините).

Постојат повеќе постапки за избор, односно селектирање на рударските откопни методи според геолошките фактори. Најзначајни постапки се:

- Постапката според Boshkov и Wright (1973);
- Постапката според Morrison (1976);
- Постапката според Nicholas (1981);
- Постапката според Laubscher (1981 и 1990);
- Постапката според Hartman (1987);
- Постапката според UBC (1995).

2.1. Постапка за избор на рударска откопна метода според Boshkov и Wright

Класификациониот систем предложен од Boshkov и Wright (1973) во првиот дел на *SME Mining Engineering Handbook* (врз основа на Peele, 1941) бил еден од првите квалитативни класификационо-шематски развиени системи за селекција на подземните откопни методи. Нивниот систем претпоставува дека веќе е одлучено дали ќе се примени површинско или подземно откопување за даденото рудно наоѓалиште. Овој класификационен систем користи главен опис за дебелината на рудното тело, залегнувањето на рудното тело, цврстината на рудата и сидовите идентифицирани кај заедничките методи коишто биле применети во слични услови. Резултатите од оваа класификација издвојуваат четири методи кои би можеле да се применат.

2.2. Постапка за избор на рударска откопна метода според Morrison

Класификациониот систем предложен од Morrison (1976) подземното рударство го дели во три основни групи: сигурни столбови за подграда,

контролирано слегнување и зарушување. Главното дефинирање за дебелината на рудното тело, видот на подградата и напрегањето од акумулираната енергија се користат како главни критериуми за избор на рударска откопна метода. Оваа класификација помага во континуитетот за докажување на селектирањето, односно избирањето на една откопна метода во однос на друга, врз основа на различни комбинации од карпестите услови. Во овој класификациски систем подземните, односно карпестите услови вршат оценување при одредувањето на видот на потребната подграда.

2.3. Постапка за избор на рударска откопна метода според Nicholas

Селектирањето на рударските методи за откопување според Nicholas (1981), со нумеричко - бројчано рангирање, одредува метода или група на методи за откопување коишто се погодни за откопување на дадено рудно наоѓалиште. Првиот чекор претставува селектирање на методите за откопување врз основа на:

- параметрите за геометријата на рудното тело,
- распространетоста на орудувањето и
- механичките карактеристики на карпестиот масив.

Геометријата на рудното тело е дефинирана со следниве параметри: облик на рудното тело, моќност на рудното тело, агол на залегнување и длабочина на залегнување на рудното тело.

Усвојувањето на параметрите за механичките карактеристики на рудата, кровинските и подинските карпи се врши врз основа на: цврстината на карпестата маса (руда, кровина и подина), растојанието помеѓу пукнатините во карпестата маса и цврстината на смолкнување на пукнатините во карпестата маса. Класификацијата на карпестата маса се врши според Deere.

Врз основа на претходно наведените параметри за рудното тело се врши селекција на следниве методи за откопување:

1. Метода на откопување со блоково зарушување;
2. Подетажна метода на откопување со отворени откопи;
3. Подетажна метода на откопување со зарушување;
4. Коморно-столбна откопна метода;
5. Магацинска метода на откопување;
6. Метода на откопување со засипување на откопаниот простор;
7. Метода на откопување со зарушување на кровинските карпи (Top slice);
8. Метода на откопување со квадратни слогови;
9. Широкочелна откопна метода;
10. Метода за површинско откопување.

За рационален избор на рударска откопна метода според Nikolaus имам изработено компјутерска програма во Microsoft Excel.

Оваа компјутерска програма работи на тој начин што се врши внесување на податоците за дадено рудно тело, врз основа на кои податоци се одредува геометријата на даденото рудно тело и распространетоста на орудувањето, како и механичките карактеристики на карпестата маса (рудата, кровинските и подинските карпи). А пак потоа врз основа на геометријата на даденото рудно тело и распространетоста на орудувањето, како и механичките карактеристики на карпестата маса (рудата, кровинските и подинските карпи), автоматски се добива излез од група на поволни методи предвидени за откопување на даденото рудно тело.

2.4. Постапка за избор на рударска откопна метода според Laubscher

Селекцијата на подземните рударски методи, според погодноста на карпестата маса, ја презентирал Laubscher (1981). Постапката за селекција се заснова врз неговиот класификационен систем за карпестата маса, којашто се приспособува на очекуваните рударски ефекти од отпорноста на карпестата маса. Laubscher постапката е насочена кон масовните рударски откопни методи, првенствено блоковното зарушување наспроти откопувањето со отворени откопи. Значи неговиот главен акцент е на зарушувањето. Двата параметри коишто одредуваат дали системот со зарушување е подобар од откопниот систем со отворени откопи се: степенот на испуканост, RQD (квалитетот на карпестата маса), меѓусебното растојание и оценката за пукнатините, односно опис за карактерот на пукнатините, т.е. правецот, исполнувањето и присуството на водата. Оваа постапка става акцент на испуканоста како единствена контрола за утврдување на зарушувањето. Laubscher (1990) неодамна ја има модифицирано класификацијата, којашто се однесува на неговата проценка за карпестата маса со хидрауличен радиус. Со вклучувањето на хидрауличниот радиус, зарушувањето станува изводливо за соодветни карпести маси ако просторот погоден за подсекување е обемен.

2.5. Постапка за избор на рударска откопна метода според Hartman

Hartman (1987) развил дијаграм за текот на процесот при селекција за утврдување на рударските откопни методи, врз основа на геометријата на наоѓалиштето и карпестите услови во рудната зона. Овој систем е сличен на оној којшто е предложен од Boshkov и Wright, но е насочен кон повеќе специфични рударски откопни методи. Hartman признава дека методата е квалитативна и треба да се користи како првично донесена проценка. Оваа

класификација вклучува откопни методи за површинско и подземно откопување, експлоатација на јаглен и експлоатација во цврсти карпи.

2.6. Постапка за избор на рударска откопна метода според UBC

UBC рударскиот пристап, односно UBC рударската методологија за селекција е модифицирана верзија од пристапот на Nicholas. Оваа постапка за селекција е предложена од Универзитетот во Британска Колумбија - Канада. UBC методот за селекција првенствено се употребува за длабоки рудни наоѓалишта за елиминирање или ограничено користење на методите за површинско откопување. Методите за површинска експлоатација се доста разновидни рударски методи, коишто привидно секогаш се применливи рударски методи кога длабочината на рудните наоѓалишта не е голема. Оваа модификација е со ограничена примена кај методите за површинско откопување на подлабоки наоѓалишта.

Други поединечни модификации од методата на Nicholas се разгледувани, но не и применети. Почетното размислување било искористување на хидрауличниот радиус (Laubscher, 1976) во карпестата маса, за извештајот од механичкиот дел. Меѓутоа, тоа ќе било решено доколку имале повеќе детални податоци за првите спроведени анализи.

Селектирањето на методите за откопување според UBC постапката (Miller - Tait L., Pakalnis R. и Poulin R., 1995 g.), исто така претставува нумеричко-бројчано рангирање, за одредување на рударска метода или група на методи за откопување коишто се погодни за откопување на дадено рудно наоѓалиште. Првиот чекор и овде претставува селектирање на методите за откопување врз основа на:

- параметрите за геометријата на рудното тело,
- распространетоста на орудувањето и
- механичките карактеристики на карпестиот масив.

Геометријата на рудното тело е дефинирана со следниве параметри: облик на рудното тело, моќност на рудното тело, агол на залегнување и длабочина на залегнување на рудното тело.

Усвојувањето на параметрите за механичките карактеристики на рудата, кровинските и подинските карпи се врши врз основа на: цврстината на карпестата маса (руда, кровина и подина) и растојанието помеѓу пукнатините во карпестата маса. Класификацијата на карпестата маса и овде се врши според Deere.

Врз основа на претходно наведените параметри за рудното тело се врши селекција на истите методи за откопување, како и според пристапот на Nicholas.

За рационален избор на рударска откопна метода според UBC постапката имам изработено компјутерска програма во Microsoft Excel. За

споредба на излезните резултати и тековна контрола на пресметките го користам готовиот софтверски пакет: *The mining method selection (MMS) system, An Expert System for the Selection of a Mining Method, Based on: The UBC Mine Method Selection Algorithm, Version 5.13 (Run-time), Copyright 1986-1993 Comdale Technologies Inc., 2001.*

3. Заклучок

Примената на компјутеризацијата знаеме дека многу ја поедноставува и олеснува секоја проблематика, односно работна задача. Со помош на моите компјутерски програми многу е олеснета работата и скратено времето што е потребно за да може да се реши проблематика којашто е поврзана со рационалниот избор на метода за откопување на дадено рудно тело за конкретни реални услови.

Практично, со внесување на влезните податоци во компјутерските програми (Microsoft Excel) веднаш се прикажуваат на екранот излезните податоци, табеларно и графички.

Методологијата за рационален избор на метода за откопување на дадено рудно тело според Nikolas, а посебно UBC рударската методологија за рационален избор на метода за откопување наоѓа многу широка примена во рударството.

При примената на овие методологии, предвид се земаат сите параметри коишто имаат влијание за одредување на геометријата на дадено рудно тело и распространетоста на орудувањето, како и прецизно дефинирање на механичките карактеристики на карпестата маса (руда, кровински и подински карпи). Откако ќе се добие групата на рационални, односно најповодни методи на откопување за даденото рудно тело, потоа е потребно да се изврши економска анализа, односно оптимален избор на рударска откопна метода.

Литература

- Clayton Cameron, Input and Knowledge from: Dr. Pakalnis Rimas, Dr. Meech John: *The mining method selection (MMS) system, An Expert System for the Selection of a Mining Method, Based on: The UBC Mine Method Selection Algorithm, Version 5.13 (Run-time), Copyright 1986-1993 Comdale Technologies Inc., 2001.*
- Howard L. Hartman: *SME Mining Engineering Handbook*, 2nd Edition, Volume 2, Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
- Десподов З.: *Технологија на подземна експлоатација* (интерна скрипта), Рударско - геолошки факултет, Штип, 2000.
- Мијалковски С.: *Избор на откопен метод за подземно откопување на рудно наоѓалиште*, Македонско рударство и геологија, број 9, СР-ГИМ, Скопје, 2008.

- Мијалковски С., Десподов З., Мираковски Д.: *Методологија за избор на рударска откопна метода*, година V, број 5 „Природни ресурси и технологии“, Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за природни и технички науки, Штип, 2011.
- Мијалковски С.: *Придонес во утврдувањето на методологија за избор на метода за откопување во рудниците за подземна експлоатација на метални минерални сировини*, магистерски труд (непубликуван), Факултет за природни и технички науки, Штип, 2009.
- Мијалковски С.: *Програмирање и моделирање во рударството*, семинарска работа (непубликувана), Факултет за рударство, геологија и политехника, Штип, 2008.
- Мијалковски С.: *Современо проектирање на подземен рудник*, семинарска работа (непубликувана), Факултет за рударство, геологија и политехника, Штип, 2009.
- Miller-Tait L., Pakalnis R., Poulin R., University of British Columbia, Vancouver, B. C., Canada: *UBC mining method selection*, Mine Planning and Equipment Selection 1995, Singhal et al. (eds) 1995 Balkema, Rotterdam, 1995.
- Торбица С., Петровиќ Н.: *Методите и технологија подземне експлоатације неслојевитих лежишта* (приручник у настави), Рударско-геолошки факултет, Београд, 1997.